УДК 622.023

К.Г.СИНЯКИН, *аспирант, sinyakin_07@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

K.G.SINYAKIN, *post-graduate student, sinyakin_07@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЗАКЛАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ЯКОВЛЕВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Разработана методика оценки прочностных свойств песчано-цементного закладочного массива, применяемого на Яковлевском руднике. Методика представляет собой комплекс механических испытаний, включающий неразрушающий контроль за прочностью обнажений массива ультразвуковым методом и экспресс-определение прочностных свойств закладочного материала по результатам раскалывания образцов произвольной формы.

Ключевые слова: закладочный массив, ультразвуковой метод, образец произвольной формы, сферические инденторы, паспорт прочности.

DETERMINATION OF STOWING STRENGTH PROPERTIES OF YAKOVLEVSKOE ORE DEPOSIT

The estimation technique прочностных properties peschano-cement закладочного a file applied on Jakovlevsky mine is developed. The technique represents the complex of mechanical tests including nondestructive control over durability of exposures of a file by an ultrasonic method and express definition прочностных of properties закладочного of a material by results of splitting of samples of any form.

Key words: backfilling massive, ultrasonic method, ararbitrary form specimen, a spherical indenter, strength certificate.

Условия разработки Яковлевского железнорудного месторождения характеризуются наличием семи водоносных горизонтов в осадочной толще, два из которых являются напорными. Для предотвращения возможности прорыва воды в выработки на Яковлевском руднике разработка ведется под прикрытием рудной потолочины мощностью 65 м. Кроме этого, сооружаются дополнительные защитные перекрытия путем проведения очистных заходок с их последующей закладкой цементно-песчаной смесью с добавлением щебня. Тем не менее отмечены случаи проникновения воды из вышележащих горизонтов в ранее заложенные выработки перекрытия (очистную заходку № 6 блока 5 и очистную заходку № 13 блока 6). Учитывая потенциальную опасность образования вертикальных водопроводящих трещин в массиве, необходимым является проведение комплекса мероприятий по контролю за его геомеханическим состоянием, включающего наряду с регулярным обследованием выработок оперативный контроль за физико-механическими свойствами закладочного материала. Настоящая статья посвящена разработке методики оценки прочностных свойств песчано-цементного закладочного материала.

При решении поставленной задачи был выполнен комплекс экспериментальных исследований прочностных свойств закладоч-

ного материала, включающий проведение испытаний на одноосное сжатие образцов кубической формы, испытания комплексным методом нагружения образцов неправильной формы встречно направленными сферическими инденторами, применение ультразвукового метода неразрушающего контроля закладочного материала в лабораторных и шахтных условиях.

Предел прочности при одноосном сжатии закладочного материала определяли в соответствии с ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии» на образцах кубической формы размерами (10×10×10) см путем их нагружения в прессе ИП-500.

Применение при исследованиях метода нагружения образцов неправильной формы встречно направленными сферическими инденторами было обосновано его простотой в реализации, доступностью и высокой производительностью. Сущность метода заключается в испытании образца произвольной формы осевым усилием двух стальных шариков до раскалывания образца. Метод предусматривает определение показателей паспорта прочности закладочного материала, в частности, пределов прочности при одноосном растяжении и сжатии, коэффициента сцепления и угла внутреннего трения*. Выбранный метод уже был ранее использован при определении механических свойств богатых железных руд Яковлевского рудника**.

На рис.1 представлен график изменения прочности при сжатии закладочного материала во времени, построенный по результатам испытаний образцов различной формы. Экспериментальные точки на графике, соответствующие периоду формирования материала до 90 сут были определены по результатам испытаний на одноосное сжатие образцов кубической формы в лаборатории Яковлевского рудника. Остальные экспериментальные данные соответствуют испытаниям сферическими инденторами образцов неправильной формы с периодом формирования от 130 до 240 сут и были получены в лаборатории физико-механических свойств и разрушения горных пород СПГГИ(ТУ).

Сопоставление полученных данных свидетельствует о существовании единой зависимости роста прочности при сжатии закладочного материала с возрастом для обоих примененных методов испытаний. Установлено, что для закладочного материала характерен неравномерный рост прочности с возрастом. Интенсивное увеличение прочности материала (примерно до 4,7 МПа) завершалось в первые три-четыре месяца формирования материала.

В дальнейшем было отмечено существенное снижение роста прочности (примерно до 6,2 МПа).

При изучении механического состояния закладочного массива в шахтных условиях было проведено определение прочности закладочного материала ультразвуковым методом с помощью прибора

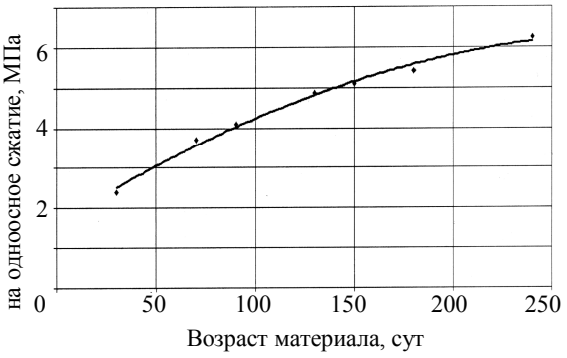


Рис.1. График изменения прочности при сжатии закладочного материала во времени

---

* *Коршунов В.А.* Определение показателей паспорта прочности горных пород методом разрушения образцов сферическими инденторами / В.А.Коршунов, Ю.М.Карташов, В.А.Козлов // Записки Горного института. СПб, 2010. Т.185. С. 41-45.

Korshunov V.A. Determination of indices of strength certificate of rocks using the method of specimens failure with spherical indentors / V.A.Korshunov, Yu.M.Kartashov, V.A.Kozlov // The Proceedings of the Mining Institute. Saint Petersburg, 2010. V.185. P. 41-45.

** *Коршунов В.А.* Определение прочностных свойств богатых железных руд Яковлевского месторождения на образцах произвольной формы: Труды 7-й Межрегиональной научно-практической конференции / В.А.Коршунов, Д.Н.Петров, Ю.Н.Антонов. (Воркута, 8-10 апреля 2009). Воркута, 2009. С. 114-117.

Korshunov V.A. Determination of strength properties of high contains iron ores. Proceedings of the 7th Interregional Sci. Pract. Conference. (Vorkuta, 8-10 april 2009). Vorcuta, 2009. P. 114-117.

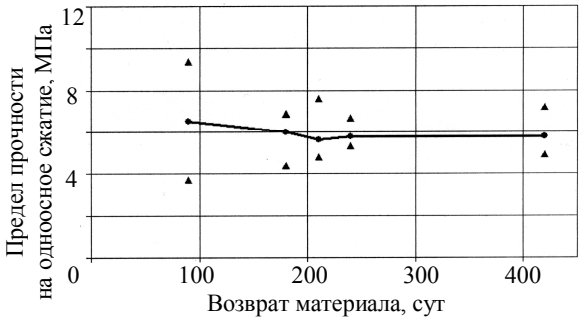


Рис.2. График изменения прочности на одноосное сжатие от возраста материала, полученный на основе УЗ-наблюдений

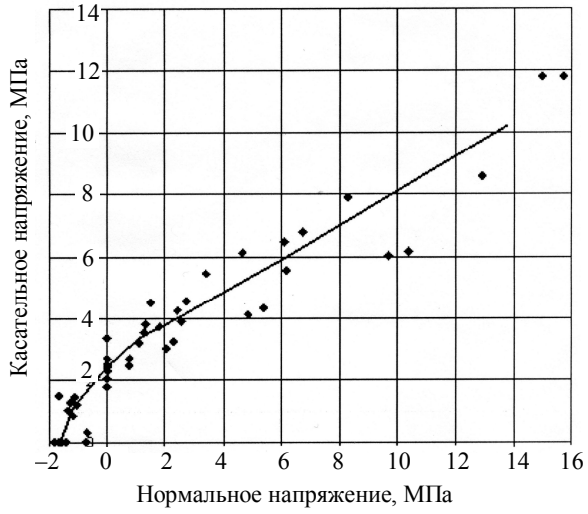


Рис.3. Паспорт прочности закладочного массива (проба 1)

«Пульсар». При этом прочность закладочного материала оценивали при помощи градуировочной зависимости скорости прохождения ультразвуковой волны от прочности и плотности исследуемого объекта. Указанная зависимость была получена в лаборатории Яковлевского рудника на основании сопоставления результатов лабораторных испытаний прозвучиванием и одноосным сжатием образцов кубической формы.

В качестве экспериментальных выбирались участки очистных заходок гор. – 370 м, заложенные закладочным материалом. Место для измерения прочности осматривалось на предмет наличия трещин и пустот, зачищались от посторонних образований (шахтной пыли, обрушенной руды и т.п.). В каждой серии измерений число определений скорости прохождения поверхностной волны равнялось 5, после чего они усреднялись и заносились в журнал измерений. Обследовались следующие очистные заходки гор. – 370: ОЗ № 24бл № 4, ОЗ № 8бл № 1, ОЗ № 22бл № 4, ОЗ № 53бл № 2, ОЗ № 55бл № 2.

Установлено, что упрочнение закладочного материала завершается по истечении 3-4 мес. на уровне 6,0 МПа. При этом отмечен размах его прочности приблизительно на уровне 30-40 % (рис.2).

Результаты сопоставительных испытаний по определению предела прочности закладочного материала перечисленными методами показали удовлетворительную сходимость (6,2 МПа и 6,0 МПа, соответственно).

Близость значений пределов прочности при сжатии, определенных сравниваемыми методами испытаний явилась основанием для оценки показателей паспорта прочности материала в закладочном массиве по результатам испытаний отобранных образцов неправильной формы в соответствии с комплексной методикой.

В таблице приведены результаты определения показателей паспорта прочности закладочного материала отобранного в ОЗ № 10бл1 и ОЗ № 11бл1.

Прочностные свойства закладочного массива Яковлевского месторождения

Номер образца	Предел прочности		Сцепление C, МПа	Угол внутреннего трения φ, град.
	При одноосном растяжении $\sigma_{рас}$, МПа	При одноосном сжатии $\sigma_{сж}$, МПа		
1	1,552	6,47	2,20	21,7
2	2,261	12,21	3,78	26,5
3	1,418	9,98	2,83	30,9
4	1,680	10,48	3,09	28,9
5	0,758	9,67	2,29	39,3
6	1,820	6,92	2,43	19,8
7	1,819	8,61	2,79	24,1
8	1,590	10,56	3,05	29,9
Среднее по пробе	1,615	9,19	2,77	27,3
Отклонение	0,462	2,02	0,55	6,6
Разброс, %	28,6	22,0	19,7	24,1

На рис.3 представлен паспорт прочности закладочного материала, построенный по среднеарифметическим значениям его предельных прочностных показателей.

На основании выполненных исследований предложена методика оценки прочностных свойств песчано-цементного закладочного материала. Разработанная методика представляет собой комплекс механических испытаний закладочного массива, включающий неразрушающий контроль за прочностью массива ультразвуковым прозвучиванием его обнажений и экспресс-определение прочностных свойств закладочного материала по результатам раскалывания образцов произвольной формы.